



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

L'uso del laterizio per la correzione acustica

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

L'uso del laterizio per la correzione acustica degli ambienti / S. Baldini; R. Gulino; S. Secchi. - In: COSTRUIRE IN LATERIZIO. - ISSN 0394-1590. - STAMPA. - 146:(2012), pp. 58-63.

Availability:

This version is available at: 2158/771253 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

Stefano Baldini*
Rosario Gulino**
Simone Secchi***

L'uso del laterizio per la correzione acustica degli ambienti

Il controllo e la correzione acustica negli spazi vengono affrontati attraverso l'analisi di casi di studio e la valutazione di alcune soluzioni fonoassorbenti in laterizio. Attraverso la forma dell'elemento in «cotto», combinata anche con materiali porosi, è possibile intervenire efficacemente sulle caratteristiche sonore degli ambienti e sul miglioramento termico dei sistemi di involucro

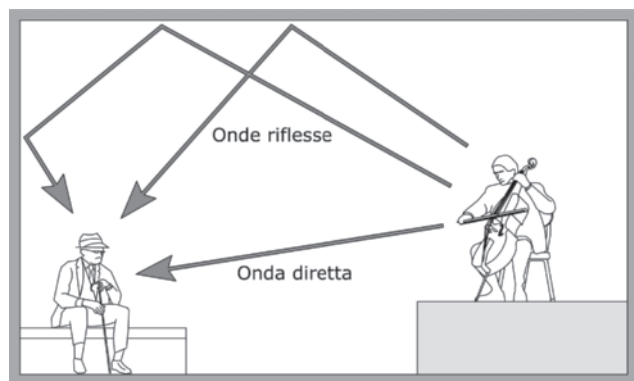
Gli ambienti destinati a funzioni particolari quali teatro, cinema, ma anche didattica, convegnistica, ecc., dal punto di vista acustico sono oramai da molti anni, specie se di interesse ragguardevole, progettati ad *hoc*, in funzione dell'attività specifica che vi si deve svolgere. Infatti, diverse sono le esigenze per un ambiente adibito alle sole rappresentazioni di prosa rispetto ad uno spazio dedicato alle esecuzioni musicali; ugualmente diverse sono quelle delle sale congressi rispetto ai cinema. Oltre alle

nuove realizzazioni, anche gli edifici esistenti possono essere oggetto di «ristrutturazione acustica» a causa delle mutate destinazioni d'uso o degli interventi di ampliamento e messa a norma. Tra i vari aspetti da considerare, la configurazione planivolumetrica del locale ha un'importanza fondamentale, in quanto, se non progettata adeguatamente, può dar luogo, a realizzazione avvenuta, a distribuzioni irregolari del suono e a difetti che sono in genere eliminabili solo imperfettamente ed a costo di notevoli sacrifici, fra i quali,

non ultimo, quello di natura economica. Premesso che una buona progettazione sonora di un ambiente non si riduce soltanto ad un intervento di correzione acustica, come spesso erroneamente si crede, il progetto, in linea generale, deve possibilmente articolarsi nelle seguenti fasi:

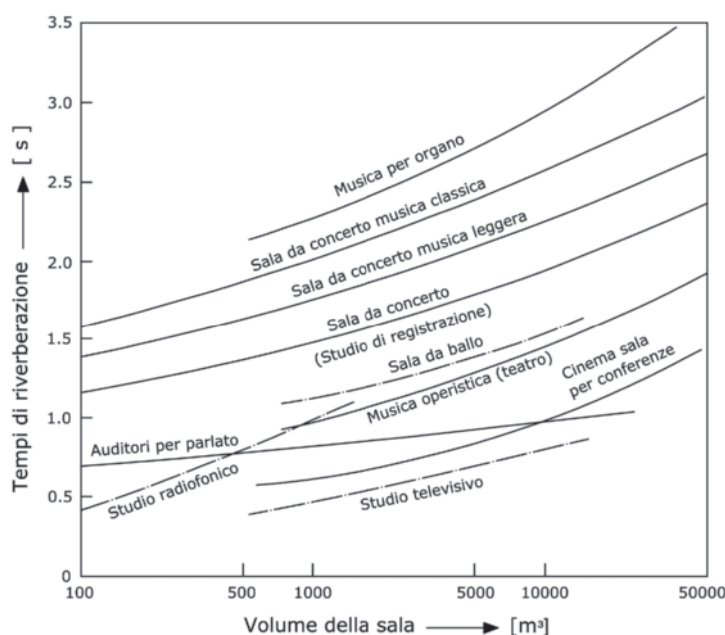
- a) scelta della forma del locale, che tenga conto dell'esigenza di ridurre al minimo i pericoli di concentrazioni di suoni, echi e risonanza;
- b) calcolo delle unità assorbenti¹ da disporre nel locale per contenere il fenomeno delle riflessioni multiple entro i limiti desiderati, in funzione dei tempi di riverberazione² alle varie frequenze;
- c) ubicazione e scelta delle unità assorbenti al fine di assicurare una sufficiente ed

The acoustic control and revision of spaces are tackled through case studies analysis and through the evaluation of some soundproofing solutions. Through the «terracotta» element shape, also combined with porous materials, it is possible to effectively intervene on the sound characteristics of the environment and on the thermal improvement of the envelope system



1. Esempio di propagazione diretta ed indiretta delle onde sonore.

1 Tempo di riverberazione ottimale secondo Barron	
musica per organo	oltre 2.5 sec
musica del periodo romantico	1.8 - 2.2 sec
musica classica	1.6 - 1.8 sec
opera	1.3 - 1.8 sec
musica da camera	1.4 - 1.7 sec
teatro	0.7 - 1.0 sec



2. Valori ottimali del tempo di riverberazione al variare di attività e volume della sala.

omogenea diffusione dell'energia sonora rinviata dalle pareti;

d) studio dei provvedimenti da prendere per assicurare una efficace attenuazione dei rumori provenienti da tutte le possibili sorgenti sonore (altri ambienti confinanti, rumori esterni, impianti). Uno dei fattori alla base della percezione sonora da parte degli ascoltatori presenti, in modo chiaro e senza punti sordi, echi o effetti indesiderati, è la forma del locale. La geometria più semplice da adottare per una sala è il parallelepipedo con pareti riflettenti. In primo luogo, occorre verificare che tra le pareti non esistano rapporti numerici semplici, che possano creare effetti di «rinforzo» di particolari frequenze, in conseguenza del fatto che le onde stazionarie fra una coppia di pareti opposte possono venire a coincidere con quelle dovute all'altra coppia. Il passo successivo consiste nell'analizzare la propagazione dei raggi sonori diretti e riflessi. Una metodologia abbastanza diffusa, per effettuare questa analisi, si basa sulla tecnica software del *ray tracing* che, attraverso un modello Cad tridimensionale, rende possibile simulare la propagazione del suono all'interno di un locale. Al fine di ridurre gli effetti indesiderati, è possibile modificare l'angolo di inclinazione sia del soffitto che delle pareti laterali, in modo da reindirizzare le riflessioni in maniera più efficace e uniforme possibile. A questo riguardo, bisogna tenere presente che le onde sonore possono riflettersi in parte

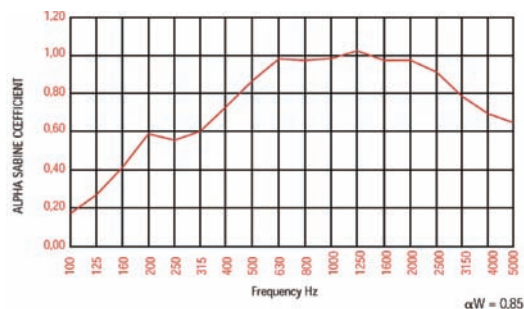
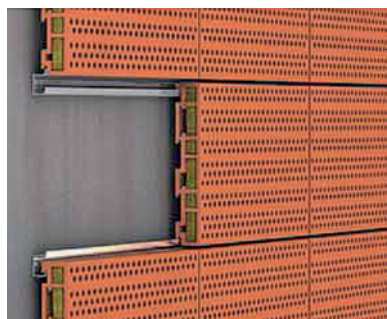
anche sulla parete alle spalle della sorgente e giungere con un certo ritardo all'ascoltatore, creando una sovrapposizione poco favorevole alla distinzione dei suoni o della parola. Una soluzione ottimale da adottare è il soffitto a doppia inclinazione che porta invece ad ottenere una migliore distribuzione del suono nell'ambiente. È possibile controllare le riflessioni anche attraverso pannelli orientabili, da inserire nel soffitto, per proiettare il suono verso le file più lontane dove gli ascoltatori ricevono un segnale diretto più debole. In ultima istanza, è fondamentale controllare il suono anche attraverso sistemi assorbenti al fine di avere un tempo di riverberazione idoneo all'attività svolta nel locale. Il riferimento fondamentale per valutare la riverberazione sonora è costituito dalla teoria formulata da A. Sabine nei primi del '900. A tale proposito, le caratteristiche acustiche di ogni ambiente possono essere sintetizzate attraverso il parametro «tempo di riverberazione» (TR o T_{60}) definito come il tempo

necessario affinché la densità di energia sonora nell'ambiente stesso scenda ad un valore pari ad un milionesimo (riduzione di 60 dB) di quello che aveva quando la sorgente sonora iniziale era a regime. Sabine calcola il tempo di riverberazione (T_{60}) attraverso la relazione:

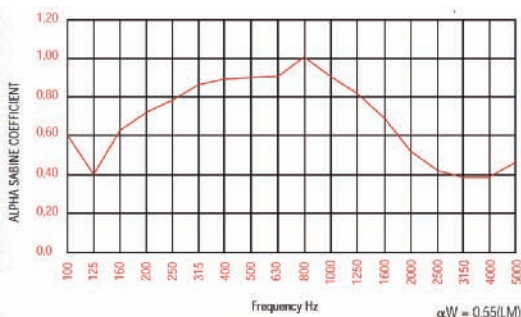
$$T_{60} = 0,16 \frac{V}{S \cdot \alpha_{\text{sab}}} \quad \text{con } \alpha_{\text{sab}} \approx \alpha_m$$

$$\alpha_m = \frac{S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}$$

dove: V volume del locale (m^3);
 S_i superfici delle unità assorbenti (m^2);
 α_i coefficienti di assorbimento acustico (-).
 I vari studi susseguiti nel corso degli anni, insieme all'introduzione di dispositivi di misura sempre più precisi, hanno consentito di svolgere analisi nelle sale esistenti, raccogliere dati, stabilire relazioni fra tempo di riverberazione, vo-

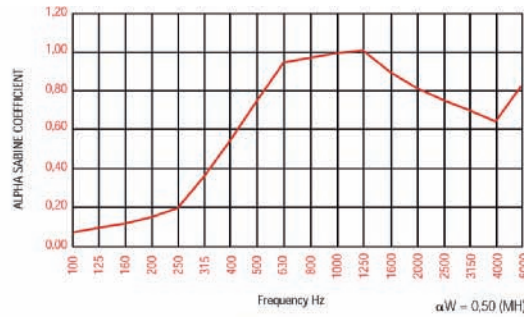


3. Dettaglio del pannello fonoassorbente in laterizio e relativo coefficiente di assorbimento acustico.



ALPHA SABINE Values																		
Frequency Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
ALPHA S at 0° in dB per third of an octave	0.57	0.44	0.67	0.74	0.77	0.85	0.91	0.93	0.92	0.98	0.90	0.83	0.68	0.53	0.42	0.39	0.39	0.41
Frequency Hz per octave band	125			250			500			1000			2000				4000	
Alpha L per octave band calculated following ISO 11854	0.56			0.79			0.92			0.91			0.54				0.41	

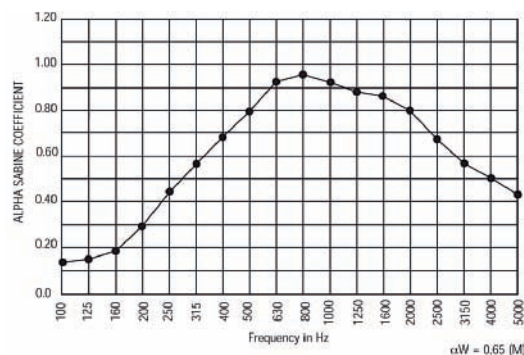
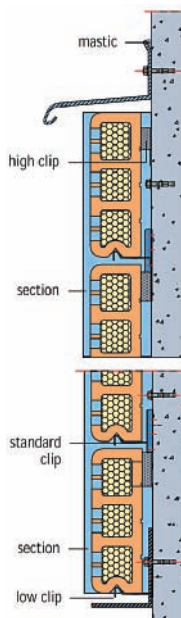
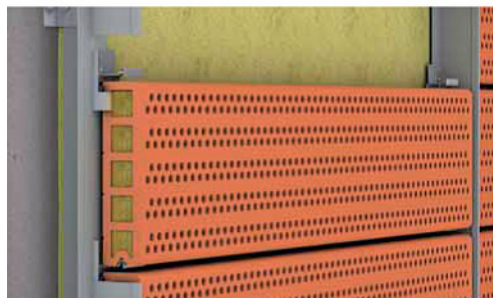
ACOUSTIC PERFORMANCES: CSTB TEST n°AC 98-027 OF 98-03-11



ALPHA SABINE Values																		
Frequency Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
ALPHA S at 0° in db per third of an octave	0.08	0.10	0.11	0.16	0.26	0.37	0.54	0.75	0.94	0.98	1.00	1.01	0.88	0.61	0.45	0.30	0.67	0.45
Frequency Hz per octave band		125			250			500			1000			2000			4000	
Alpha L per octave band calculated following ISO 11854		0.097			0.243			0.746			0.997			0.817			0.300	

ACOUSTIC PERFORMANCES: LGAI TEST n°20.003.507 OF 00-01-24

4. Vista del pannello «monopelle» in laterizio e relativo coefficiente di assorbimento acustico: *al centro*, per la semplice lastra in «cotto»; *a destra*, per la lastra in laterizio accoppiata all'isolante in lana di roccia; *a sinistra*, applicazione nel parcheggio del palazzo del Festival di Cannes.



ALPHA SABINE Values - LGAI Test n°20.003.508 of 00-02-05 - NFS 31003 - EN 20.354

Frequency Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Alpha S at 0° in dB per third of an octave	0.14	0.15	0.19	0.30	0.44	0.58	0.68	0.79	0.92	0.95	0.92	0.89	0.88	0.80	0.68	0.58	0.50	0.42
Frequency Hz per octave band	125			250			500			1000				2000			4000	
Alpha L per octave band calculated following ISO	0.180			0.440			0.797			0.920				0.787			0.500	

ACOUSTIC CHARACTERISTICS

5. Sistema a lastre in «cotto» fonoassorbente di grandi dimensioni e relativo coefficiente di assorbimento acustico (edificio per uffici, Loos, Parc Eurasanté, Lille, Francia).

lume, numero di posti, venendo così a costituire una utile base statistica di riferimento per la progettazione acustica di una sala. Con specifico riferimento ad un ambiente adibito a concerti, va ricordato che il valore ottimale del tempo di riverberazione dipende anche dal tipo di esecuzione musicale, poiché intervengono importanti fattori di ordine psicologico nella definizione della gradevolezza della risposta acustica della sala rispetto al tipo di *performance* che vi si svolge. Un studio di Barron (tab. 1) fornisce proprio la relazione tra il valore ottimale di TR ed il tipo di esecuzione. In un determinato ambiente, un tempo di riverberazione TR relativamente lungo comporta la fusione del suono delle varie sorgenti generando sia difficoltà a distinguere il suono dei singoli strumenti da parte degli ascoltatori che minore intelligibilità della parola. Al contrario, un TR troppo breve può rendere l'esecuzione musicale più difficile perché, facendo risaltare la «voce» dei singoli strumenti, consente di distinguere più facilmente eventuali «sbavature» esecutive, impedendo anche la percezione armonica dell'insieme. Avere un TR breve favorisce l'intelligibilità del parlato, ma può non raggiungere tutti gli ascoltatori con un livello adeguato a causa di una potenza sonora insufficiente. A tal fine, è possibile dotare una sala destinata a

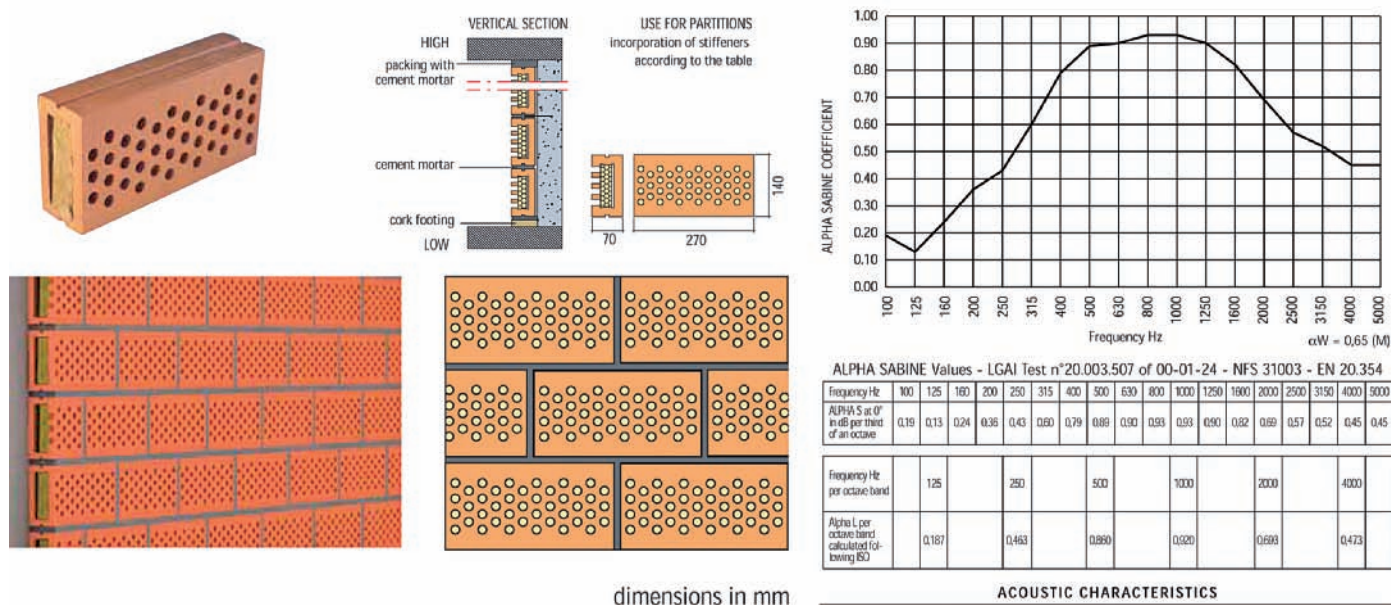
riunioni e convegni di un sistema elettroacustico di diffusione del suono che amplifica il parlato per essere percepito anche dalle file più lontane dalla sorgente. Valori molto alti del tempo di riverberazione possono generare persino il fenomeno percettivo dell'eco, dovuto alla particolarità dell'orecchio umano di percepire distintamente due suoni brevissimi se vengono ricevuti distanziati da un intervallo di almeno 50 millisecondi. Per eliminare questo inconveniente è sufficiente che:

- non troppa energia sonora venga orientata verso il fondo della sala;
- le riflessioni di medio ritardo siano fornite all'orchestra e alle prime file della platea da irregolarità di superficie del soffitto e delle pareti laterali.

In generale, a seconda della destinazione d'uso, i valori ottimali del tempo di riverberazione in funzione del volume del locale, quali risultato dall'esperienza, sono deducibili dal diagramma in fig. 2.

I materiali fonoassorbenti Per potere adattare o correggere le caratteristiche acustiche di una sala, sia per difetti congeniti che per mutate esigenze di utilizzo, si ricorre a materiali fonoassorbenti, scelti in base a criteri acustici, funzionali ed estetici. In generale, i materiali ed i sistemi fonoassorbenti disponibili si distinguono nelle seguenti categorie principali: mate-

riali porosi; risuonatori acustici; pannelli vibranti e sistemi misti. Rientrano nella categoria dei *materiali porosi*, che possono avere struttura a celle aperte o chiuse, anche i materiali fibrosi (minerali, vegetali o animali). L'assorbimento acustico per porosità risulta generalmente elevato alle medie e medio-alte frequenze, mentre, per ottenere un significativo assorbimento alle basse frequenze, si richiede l'utilizzo di spessori elevati di materiale. I *risuonatori acustici* sono costituiti da una cavità, contenente aria, in comunicazione con l'esterno mediante un foro. Il principio di funzionamento di questi sistemi è basato sul concetto di *massa-molla-massa*: il fronte d'onda sonoro mette in movimento l'aria contenuta nel collo del risuonatore che si comporta come una «massa» vibrante collegata ad una «molla» costituita dall'aria contenuta nella cavità. Il massimo assorbimento si verifica in corrispondenza della frequenza di risonanza del sistema *massa-molla-massa* ove è massimizzata la trasformazione di energia sonora in calore per effetto dell'attrito viscoso tra l'aria contenuta nel collo del risuonatore e le sue pareti. Il principio di funzionamento dei risuonatori acustici può essere applicato anche nel caso di pannelli forati muniti posteriormente di materiale fibroso fonoassorbente: l'aria contenuta nel foro, o nelle asole, costituisce la massa



6. Mattone fonoassorbente e relativo coefficiente di assorbimento acustico (dimensioni in mm).

vibrante e i pori posteriori del materiale fonoassorbente le cavità. I *pannelli vibranti* sono delle lastre di materiale non poroso, montate su un telaio, che creano un'intercapedine d'aria tra il materiale e la retrostante parete. Ciascun pannello è schematizzabile come una massa collegata ad un sostegno rigido, la parete, mentre l'aria interposta costituisce un elemento elastico, dotato di capacità smorzanti connesse alle compressioni/espansioni, pressoché adiabatiche, che subisce per effetto delle vibrazioni flessionali del pannello stesso. Il massimo assorbimento acustico si rileva in corrispondenza della frequenza di risonanza, quando è massima la dissipazione viscosa dovuta alle vibrazioni flessionali del pannello. L'assorbimento acustico dipende dalle capacità smorzanti del sistema adottato in quanto le onde sonore, incidendo sui pannelli, li pongono in vibrazione: una parte di energia sonora viene assorbita e la restante, la cui entità dipende dalla capacità smorzante del sistema, reirradiata in ambiente. I *sistemi misti*, infine, non sono altro che combinazioni degli altri già descritti.

Il laterizio fonoassorbente Nell'uso comune dei prodotti in laterizio, per ciò che concerne l'acustica, generalmente si tende a sfruttare le sue proprietà massive, essenzialmente per funzioni di protezione

sonora. Esistono però prodotti fonoassorbenti costituiti da mattoni/tavole in laterizio opportunamente sagomati e forati in grado di svolgere anche la funzione di correzione acustica; questa, in genere, è espletata mediante la tecnica del pannello forato risuonatore con interposto, nel retro, materiale poroso o fibroso fonoassorbente per aumentare la banda in assorbimento. Fibre di poliestere termolegate, materassini composti da fibre di legno, lana di roccia, ecc., posti nell'intercapedine, funzionano essenzialmente alle medie-alte frequenze; il laterizio forato, intervenendo soprattutto alle basse frequenze per effetto della risonanza, si presta bene a completare lo spettro di assorbimento, permettendo così di ottenere un sistema performante su tutta la gamma di frequenze. Per realizzare dispositivi di questo tipo, è indispensabile mantenere le proprietà meccaniche del laterizio e confrontarsi con il processo di produzione e le sue limitazioni intrinseche dovute sia al materiale che alla filiera produttiva. L'elemento in laterizio può essere forato con precisione solo dopo la cottura, con le macchine a controllo numerico; le forature devono essere tali da assorbire opportunamente il suono, ma non troppo grandi perché andrebbero ad indebolire la struttura dell'elemento stesso. Il profilo deve, inoltre, essere adeguatamente studiato al fine di potersi in-

terfacciare con il materiale fonoassorbente interposto all'interno, o posizionato sul retro, a contatto con l'elemento in «cotto».

Pannelli fonoassorbenti in laterizio

Sono stati messi a punto diversi sistemi in laterizio fonoassorbente, forati, con interposta lana minerale per migliorare l'assorbimento alle medio-alte frequenze, che tuttavia possono essere considerati adatti solo alla correzione di ambienti interni in quanto la lana minerale, a contatto con gli agenti atmosferici, si deteriorerebbe rapidamente perdendo le sue proprietà assorbenti. Un primo sistema, destinato alla correzione acustica di sale da spettacolo o come barriera antirumore, è composto da una tavella in «cotto» opportunamente forata in superficie, con inserita all'interno delle cavità della lana di roccia (fig. 3); il tutto è completato da un sistema di fissaggio che sfrutta le potenzialità della tipica facciata in laterizio montata «a secco» (gli elementi in «cotto» sono ancorati ad una struttura metallica a guide orizzontali). Oltre alle consuete verifiche di resistenza meccanica, le tavole devono essere testate, con esito positivo, secondo le norme NFP 08.301³ e NFP 08.302⁴, fornendo un valore di resistenza agli urti almeno di classe Q3. Su di esse vengono effettuate anche prove di resistenza alla scalfittura, agli agenti chimici e ai graffi.

Pannelli «monopelle» in laterizio (risuonatori e fonoassorbenti)

Un altro prodotto, con caratteristiche simili al precedente, è composto da elementi costituiti da singole lastre forate in «cotto» a fori orizzontali e verticali, con dimensioni di 300 x 300 mm o 300 x 600 mm e peso tra i 2 ed i 5 kg circa (fig. 4). La lastra forata può essere montata da sola, funzionando come un semplice risuonatore, oppure può essere interposto tra la stessa ed il muro uno strato di lana minerale ad alta densità ed uno strato in PVC sulla parte esterna. Il sistema così composto fornisce un contributo sia per l'assorbimento alle medio-alte frequenze, sia per l'isolamento termico degli ambienti.

Rivestimento fonoassorbente di grandi dimensioni

Lastre fonoassorbenti di grandi dimensioni possono essere usate non solo per la correzione acustica di un ambiente, ma anche come barriere antirumore. Una «lastra acustica» è composta da un rivestimento fonoassorbente in laterizio costituito da elementi di lunghezza fino a 1,5 m e peso tra i 24 ed i 36 kg circa, con un lato forato (percentuale di foratura 17%), fissato meccanicamente mediante graffaggio in acciaio ad una sottostruttura ancorata alle pareti portanti in muratura o in calcestruzzo.

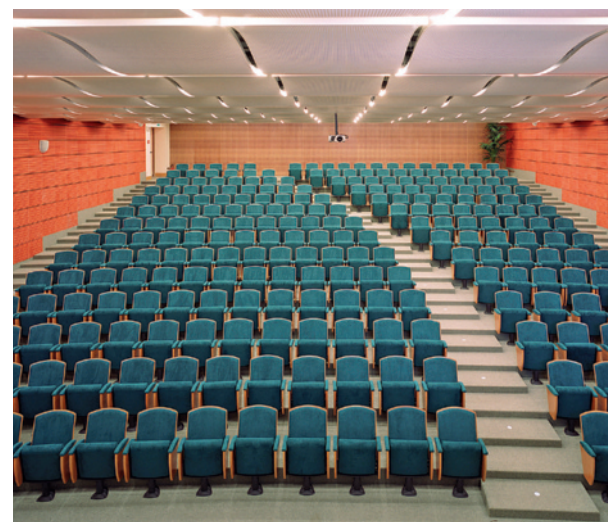
Con riferimento al dettaglio tecnologico di fig. 5, nel caso di applicazioni all'esterno, nella parte inferiore è necessario iniziare con un profilo metallico perforato, a forma di squadra, fissato alla parete verticale, per proteggere i vari elementi costitutivi del rivestimento (isolante, schiuma, ecc.) e consentire il deflusso dell'acqua. Nella parte superiore, il rivestimento deve, invece, essere protetto da una guarnizione di tenuta: occorre porre molta attenzione alla protezione dagli agenti atmosferici, e in particolar modo alla penetrazione dell'acqua, in quanto questa può produrre un sensibile deterioramento del materiale poroso e quindi penalizzare in modo significativo l'efficacia del dispositivo. Le soluzioni tecnologiche so-

pra descritte si basano tutte su sistemi di fissaggio «a secco», in cui il sostegno dei vari elementi in «cotto» è assicurato attraverso una struttura metallica collegata alla parete portante. Esistono, però, anche sistemi i quali, attraverso la tradizionale modalità di realizzazione delle murature, sfruttano elementi che, sia per forma che per tipologia di montaggio, presentano la configurazione classica del mattone, per creare un muro in laterizio «faccia a vista» fonoassorbente. In questo caso, una faccia del mattone è liscia mentre l'altra è dotata di fori circolari (fig. 6). Nella cavità interna dell'elemento, viene posta della lana minerale con densità 140 kg/m³; il «mattone fonoassorbente», con una massa compresa tra 2 e 6 kg circa, viene fissato con tecnica «ad umido» e può trovare molteplici campi di impiego, tra cui tramezzi e muri fonoassorbenti, muri autoportanti antirumore (da 12 cm di spessore), «abbattitori» dei livelli di pressione acustica da traffico stradale e all'interno degli edifici.

Un esempio applicativo: il centro congressi di Villa Torretta

Il laborioso recupero di una delle dimore storiche dell'*hinterland* milanese (curato dallo Studio Mazzorati Architettura) ha visto la fruttuosa collaborazione tra pubblico e privato. Il recupero integrale di Villa Torretta, a Milano, è consistito nella ricostruzione di intere parti dell'edificio e nella realizzazione di parcheggio sotterraneo, centro congressi e relativo auditorium, hotel, ristorante e servizi annessi.

I vincoli dettati dalle strutture esistenti hanno pesantemente condizionato la progettazione acustica della sala polivalente: non potendo, quindi, intervenire su volumi e geometrie per ottimizzarne le qualità sonore, sono stati inseriti appositi pannelli fonoassorbenti in laterizio scelti per la loro flessibilità ed integrabilità con l'edificio storico (fig. 7). I pannelli destinati alla correzione acustica, sono del tipo a lastra forata a doppia pelle in laterizio con inserito all'interno un pannello fonoassorbente in lana minerale. L'accoppiamento dei due materiali, come già ri-

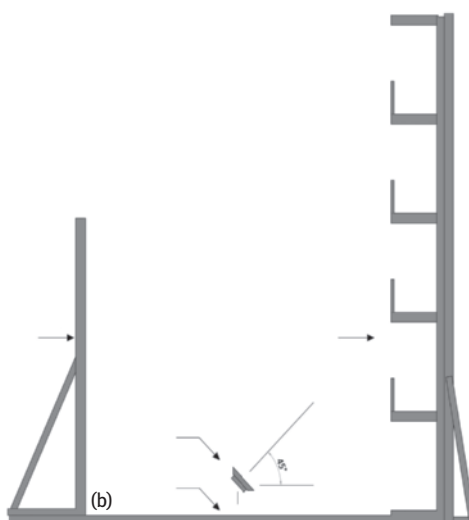


7. Villa Torretta. Vista frontale dell'auditorium.

cordato, permette di sfruttarne le diverse caratteristiche, tra loro molto differenti, con il risultato di avere ottime *performance* acustiche in un'ampia gamma di frequenze (da 250 a 4000 Hz circa), rendendo tali elementi estremamente flessibili nell'utilizzo.

L'applicazione del laterizio fonoassorbente in facciata

Dal dopoguerra in poi, il patrimonio edilizio delle periferie cittadine è stato edificato, molto spesso, con interventi di media e alta densità attraverso l'uso ripetitivo di alcune tipologie edilizie, quali la casa in linea e la casa a torre. Queste hanno generato una conformazione di facciata pressoché ripetitiva in qualsiasi contesto urbano ed ancora oggi, se pur con minor incidenza, continua a persistere tale modello costruttivo. L'idea di poter coniugare la forma di queste facciate con l'utilizzo di materiali fonoassorbenti, idonei all'uso in esterno è già stata presentata in questa rivista. Alcuni studi, eseguiti sia con simulazioni software, sia con modelli fisici in scala, hanno dimostrato che un sistema fonoassorbente, posto come rivestimento di un edificio, può, di fatto, migliorare la protezione interna da sorgenti sonore esterne. Attraverso l'uso di elementi opportunamente progettati, da applicare all'intradosso dei balconi ed eventualmente sulla facciata, è possibile diminuire significativamente l'effetto delle riflessioni acustiche e rendere massimo l'effetto schermante dei



8. Materiale fonoassorbente all'intradosso del balcone (a) e vista laterale (b) del modello acustico in scala.



9. Render del balcone secondo l'ipotesi di intervento.

davanzi dei balconi, consentendo di ridurre la pressione sonora in facciata ed ottenere così benefici anche nei casi in cui la finestra o la porta-finestra sia aperta. A tale riguardo, appare utile riferire circa un'esperienza eseguita con l'utilizzo di un modello acustico in scala 1:5 di una facciata posta in un contesto urbano. L'analisi sperimentale su modello acustico in scala permette di studiare gli effetti del rumore su tipologie di facciata variabili, tenendo conto in maniera corretta degli effetti di riflessione e diffrazione sonora, particolarmente importanti per facciate con sporgenze e rientranze (come balconi o logge). Il modello realizzato ha consentito l'analisi accurata di una fascia tipica urbana costituita dalla sede stradale e due edifici adiacenti. Con un sistema di pannellature sono state simulate le varie tipologie di facciata e la sede stradale dove viene appoggiata la sorgente sonora, studiata e realizzata per fornire un segnale secondo la norma Uni En Iso 140-5. Le tipologie prese in esame sono state analizzate con e senza l'apporto di materiale fonoassorbente all'intradosso del balcone al fine di valutarne il contributo migliorativo. Successivamente, i dati sono stati confrontati con un precedente studio effettuato con tecnica *ray tracing*, in cui si analizzano e valutano una molteplicità di soluzioni formali di facciata e con la norma Uni En 12354-3. L'apporto di materiale fonoassorbente all'intradosso del balcone (figg. 8a, b) produce un importante contributo

all'isolamento acustico di facciata verificato, appunto, sia nello studio effettuato con simulazione software che nello studio con modello acustico in scala. A tal fine, la tecnologia in laterizio fonoassorbente può essere ulteriormente sviluppata non solo per ottimizzare la protezione termica e solare dell'edificio ma, contemporaneamente, per conferire effetti positivi di assorbimento del rumore da traffico stradale. Inoltre, qualora l'edificio sia pensato con un sistema di facciata in «cotto» ventilata, le tavole possono fornire un ulteriore contributo nell'assorbimento del rumore migliorando il clima acustico dell'area urbana circostante l'edificio. Nella fig. 9, viene riportato un possibile intervento su un edificio residenziale degli anni '80, concepito con la classica tipologia in linea, in cui si agisce sulla riqualificazione dei balconi al fine di migliorare l'isolamento acustico di facciata agendo non solo sui componenti edilizi, quali finestre, cassonetti fonoassorbenti, ecc., ma soprattutto studiando la forma e il materiale che compone la facciata, usando, appunto, la tecnologia del laterizio fonoassorbente[4]. Nell'intervento si ipotizza, peraltro, di demolire i terrazzi esistenti e ricostruire un sistema a balconi continui con struttura indipendente al fine di eliminare anche i ponti termici prodotti dall'aggetto in c.a. L'obiettivo è quello di riqualificare l'involucro sfruttando i benefici della facciata ventilata in laterizio fonoassorbente e ipotizzando un possibile

utilizzo del «cotto» anche per realizzare il controsoffitto fonoassorbente. I pannelli in laterizio precedentemente descritti, con opportune modifiche alla struttura metallica adottata per il fissaggio degli elementi, possono essere usati per realizzare un sistema con buone qualità estetiche, tecnologiche e prestazionali riguardo l'assorbimento acustico. La parte esterna del controsoffitto verrebbe posta inclinata per migliorarne le prestazioni risultanti (le onde sonore vengono deviate verso l'esterno e non verso l'interno) e per ricavare uno spazio vuoto dove è possibile inserire, eventualmente, componenti impiantistici, quali le unità condensanti per la climatizzazione degli interni. ¶

★ *Architetto, libero professionista*

★★ *Ingegnere, Andil*

★★★ *Professore aggregato, Università di Firenze*

Note

1. Le unità assorbenti di un ambiente sono definite come la sommatoria del prodotto dei coefficienti di assorbimento (α) delle facce da cui è costituito (compresi gli elementi di arredo) per la superficie di queste ultime (m^2).

2. Fenomeno per cui, una volta spenta una sorgente sonora, le onde riflesse arrivano in più o meno rapida successione a chi le riceve con un ritardo rispetto al suono diretto.

3. *Ouvrages verticaux des constructions - Essais de résistance aux chocs - Corps de chocs - Principe et modalités générales des essais de choc.*

4. *Murs extérieurs des bâtiments - Résistance aux chocs - Méthodes d'essais et critères.*

Riferimenti

[1] Secchi S., Baldini S., Busa L., *Effect of Façade Shape for the Acoustic Protection of Buildings*, Building Acoustics.

[2] Secchi S., Baldini S., *Misure sperimentali su modello in scala dell'effetto di schermatura di facciata*, in Atti del 38° Convegno Nazionale AIA, Rimini, 8-10 giugno 2011.

[3] Busa L., *Morfologia della facciata e protezione acustica*, Costruire in Laterizio, n. 122, marzo/aprile 2008, pag. 54.

[4] Tesi di laurea Baldini S., relatore prof. S. Secchi, *La forma della facciata per la protezione acustica degli interni: analisi mediante modelli in scala ed ipotesi di soluzioni tecnologiche.*